

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 71 (1953)  
**Heft:** 47

**Artikel:** Vorgespannte Felsanker  
**Autor:** Birkenmaier, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-60669>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 20.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Bauten Lösungen für die Bekämpfung der Wohnungsnot sah; wir haben uns auch schon weit von der Mietkaserne der zwanziger Jahre distanziert. Unsere neuen Quartiere weisen — das sei zur Ehre unserer Stadtplaner und Architekten gesagt — Verhältnisse auf, die die Bezeichnung «menschenunwürdig» nicht mehr verdienen. Für Luft und Licht im Wohnraum wird gesorgt.

Weniger gut ist es um die grossen zusammenhängenden Reserve für öffentliche Bauten bestellt. Diese lassen sich nur auf Umwegen oder auf dornenvollen Verhandlungswegen sicherstellen, solange der Entzug des Baurechtes für die entscheidenden Flächen nicht gesetzlich zulässig sein soll und vorausschauend geregelt werden darf. Es geht dabei hauptsächlich um die planerisch wichtigen Attribute «vorausschauend» oder «vorsorglich», die uns von den Hütern des Gesetzes nicht zugelassen werden. Wir seien keine Propheten, sagt man uns, wir könnten nicht voraussagen, wo und wann was entstehen werde! Ueberlegen wir uns doch, wie die private Bautätigkeit in unsern freiheitlichen Verhältnissen vor sich geht. In allen noch so auseinanderliegenden und ausgedehnten Quartieren erstreckt sich die private Bautätigkeit über den Zeitraum mehrerer Jahrzehnte. Uns fehlen Mittel, um bestimmen zu können, wo und wann gebaut werden darf. (Mit dem Etappenbauplan — dem in zeitlicher Beziehung unterteilten Zonenplan — liesse sich die Bautätigkeit auf bevorzugte Baugebiete konzentrieren, doch hat es keinen Sinn, neue Spezialpläne zu fordern, solange die Generalpläne noch in der Luft hängen.) Wir müssen also vorerst damit rechnen, dass der Wohnraum überall und gleichzeitig, «tropfenweise» — wenn man so sagen darf — vergrössert wird. Das Bedürfnis zur Errichtung eines öffentlichen Werkes — eines Kindergartens, einer Schule, einer Kirche, eines Spazierweges — wird sich aber erst dann einstellen, wenn die Wohnquartiere nahezu ausgebaut sind, wenn Menschen vorhanden sind, die das Bedürfnis nach Erfüllung der öffentlichen Bauaufgabe fordern und nachweisen. Dieses Nachweisen aber hinkt der Bautätigkeit um Jahre nach. Wenn ein öffentlicher Bau errichtet werden muss, wird man (sogar der Planungsgegner) ganz ohne Zweifel dafür eintreten, dass dieser Bau am richtigen Ort im Quartier stehe. Man würde sich beklagen, wenn Kleinkinder weite Wege bis zur Schule zurückzulegen hätten, man würde auch die Behörden anklagen, wenn gefahrlose Grünverbindungen zwischen den Wohnungen und den Schulen fehlten! Die zweckmässige Lösung öffentlicher Bauaufgaben für eine zukünftige Bevölkerung lässt sich ohne vorherige Planung und vorsorgliche Sicherstellung des Landes nicht denken. Wir Planer müssen sagen können, wo dereinst ein Quartierschulhaus gebaut werden soll; wann und wie es dann tatsächlich gebaut wird, hängt vom Ausbau des Quartiers ab. Der Behörde wirft man ganz einfach mangelnde Voraussicht und Kurzsichtigkeit vor, wenn kein Schulhausplatz oder ein ungeeigneter vorhanden ist. Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Bau von Kirchen, Friedhöfen, Sportanlagen usw.

Nun ist es eigenartig, dass diejenigen Bauverbote, die mittels Baulinien gefällt werden (z. B. Bauverbote auf zukünftigen öffentlichen und privaten Strassen), die durch öffentliche Auflage oder durch Verordnung Rechtskraft er-

halten, von den Betroffenen respektiert werden! Sind etwa Strassen und Wege im Siedlungsgrundriss wichtiger als Schulen, Kirchen, Friedhöfe und Sportplätze? Mir scheint, hier müssen wir Städtebauer einsetzen. Wir müssen den Nachweis dafür liefern, dass außer den Kommunikationen andere Bestandteile der Siedlung auf Grund des öffentlichen Interesses zu verlangen und folglich vorsorglich zu planen sind. Diesen Nachweis will ich hier nicht bringen, nachdem ich mich bemüht habe, ihn vor der grossen Oeffentlichkeit in der Tagespresse zu liefern. Es hiesse Eulen nach Athen tragen, in Städtebaukreisen von der Notwendigkeit der Schulhausplanung, der Sportplatzplanung, der Grünzonenplanung usw. zu reden. Ich will lieber einen Appell an Sie richten, überall für die systematische, vorsorgliche Planung zu werben, vor allem bei den aufgeschlossenen Bürgern in der Presse und schliesslich bei den verantwortlichen Politikern. Erst, wenn wir eine Mehrheit für unsere Ideen haben, können wir in der Demokratie an die Verwirklichung unserer Postulate denken. Das Volk muss beschliessen, folglich müssen wir uns ans Volk wenden, so mühsam und beschwerlich der Weg auch sei!

Mir scheint es nun wichtig, dass wir uns im Kreise der Städtebauer zu klaren Definitionen durchringen. Der Sammelbegriff Freihaltestfläche muss in Einzelbegriffe aufgespalten werden.

Sicher ist, dass die *Landwirtschaftszone* eine Abspaltung wäre, die gegenüber Anschauung und Vorstellung Stand zu halten vermöchte. Wir können diesen Begriff leider noch nicht verwenden, weil ihm die Gerichte mangels Rechtsgrundlage die Anerkennung verweigern. Wohl oder übel müssen wir uns mit der etwas vagen Bezeichnung «übriges Gemeindegebiet» zurecht finden und die ausserhalb des Bau-landes, des Baugebietes oder der Bauzone gelegenen Geländeteile dürftig und wenig verständlich das «übrige Gemeindegebiet» nennen. Die Landwirtschaft selbst leistet uns keine Gefolgschaft, weil jeder in der Nähe aufblühender Siedlungen befindliche Boden nach Ansicht der Eigentümer «Bauland» ist oder wenigstens solches werden soll. Ein weiter Weg ist noch zu beschreiten, bis wir eigentliche Landwirtschaftszonen ausscheiden dürfen. Heute sind wir auf indirekte Massnahmen angewiesen. Aus der Gesamtfläche können wir «Bauland» herausschneiden, indem wir dieses durch das *Vorhandensein* oder die *Planung von Strassen und Leitungen* und durch die Zusicherung öffentlicher Dienste charakterisieren. Ich selbst versuchte auf Grund der Erfahrungen bei der Ortsplanung Ennetbaden, die bekanntlich zu zwei viel beachteten Bundesgerichtsentscheiden geführt hat, die Definition des Baulandes in einem mit «Bauen und Ordnen» überschriebenen Aufsatz<sup>1)</sup> wie folgt zu geben: «Bauland ist das mit Strassen und Leitungen erschlossene und zu erschliessende Gebiet mit zugesicherten öffentlichen Diensten. Unter öffentlichen Diensten versteht man Uebernahme, Unterhalt und Weiterentwicklung von Strassen und Wegen, Pflege und Ausbau von Leitungen, Pflicht zur Lieferung von Wasser, Strom, Gas und Telephonanschlüssen, Beseitigung des Unrates, Schutz vor erkannter Unbill der Natur».

<sup>1)</sup> SBZ 1953, Nr. 27, S. 387.

Schluss auf Seite 696

## Vorgespannte Felsanker

DK 624.15.023.943

Von Dipl. Ing. MAX BIRKENMAIER, Zürich

1. Beim Bau von Wasserkraftanlagen, im Brückenbau und auch bei andern Tiefbauarbeiten muss oft die Aufgabe der Verankerung grösserer Kräfte im Felsen gelöst werden. Meist werden solche Verankerungen mit Rundseisen, welche in vorgebohrte und mit Mörtel gefüllte Löcher geschlagen werden, ausgeführt. Diese Methode besitzt den Nachteil, dass die Anker nur in bescheidene Felstiefe getrieben werden können und dass man über die Zuverlässigkeit der Haftung des Eisens im Bohrloch im unklaren bleibt. Im folgenden soll über eine neue Ausführungsart von Felsankern System «BBRV» mit vorgespannten Armierungen berichtet werden.

2. An einem Beispiel soll zuerst das Konstruktionsprinzip und die statische Wirkungsweise einer vorgespannten Verankerung erläutert werden. Es handelt sich um die Verankerung des Auflagers einer Kranbahn in einer vertikalen Fels-

wand. Dabei wird dieses Auflager im ungünstigsten Falle durch eine Horizontalkraft von  $Z_{\max} = 250 \text{ t}$  beansprucht. Wie auf Bild 1 schematisch angegeben, wird die Auflagerkonstruktion mittels vier vorgespannten Armierungen im Felsen verankert. Diese Armierungen liegen je in einem Bohrloch  $\phi 100 \text{ mm}$ , Bohrtiefe 25 m. Sie bestehen aus je einem parallelen Bündel von 40 hochwertigen Stahldrähten  $\phi 5 \text{ mm}$  (Festigkeit  $B_z = 17000 \text{ kg/cm}^2$ ) und sind am innern Bohrlochende auf einer Strecke von 5 m mittels eingepresstem Zementmörtel im Felsen verankert. Am äussern Ende ist das Drahtbündel an einem verstellbaren Hauptanker nach dem Verfahren «BBRV» befestigt. Durch einen Stellring (Abstützmutter) wird die Verbindung der Vorspannarmierung mit der Auflagerkonstruktion hergestellt (konstruktive Details der Verankerung sind nachstehend beschrieben). Die vier

Drahtbündel liegen in ihrem Bohrloch auf einer Länge von 20 m frei.

Nach Erhärten des eingepressten Zementmörtels werden die Armierungen mit einer hydraulischen Presse auf je 85 t, d. h. total  $V_0 = 340$  t vorgespannt. Die Drähte erhalten dabei eine Spannung von  $\sigma_e = V_0/F_e = 10\,800 \text{ kg/cm}^2$  ( $F_e = 4 \cdot 40 \varnothing 5 = 31,5 \text{ cm}^2$ ) und werden beim Vorspannen um  $\delta_e = \frac{V_0 L}{E_e F_e} = 10,8 \text{ cm}$  ( $L = 2000 \text{ cm}$ ,  $E_e = 2\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$ ) gedehnt. Die Auflagerkonstruktion wird durch die Spannkraft  $V_0$  gegen die Felsoberfläche gedrückt, wobei an der Uebertragungsfläche ein Anpressdruck von  $q_0 = V_0/F_A = 34 \text{ kg/cm}^2$  ( $F_A = a \cdot a = 100 \cdot 100 = 10\,000 \text{ cm}^2$ ) entsteht. Die Felsoberfläche erleidet durch diesen Anpressdruck eine geringe Einsenkung  $\delta_F$  (Bild 2 a). Diese Einsenkung kann nach der Theorie des elastischen Halbraumes berechnet werden. Man erhält für eine quadratische Lastfläche  $a \cdot a$  angehähert (siehe Schleicher, «Bauing.» 1926, S. 934)  $\delta_F = q_0 a/E_F = 0,017 \text{ cm}$  ( $E_F = \text{Elastizitätsmodul des Felsens, z. B. } 200\,000 \text{ kg/cm}^2$ ).

Wird nun an dieser verankerten Auflagerkonstruktion eine horizontale Zugkraft  $Z$  ausgeübt, so verringert sich der Anpressdruck um  $\Delta q$  auf  $(q_0 - \Delta q)$ . Gleichzeitig wird sich die ursprünglich eingetragene Vorspannkraft in den Armierungen  $V_0$  um die noch unbekannte Kraft  $\Delta V$  auf  $(V_0 + \Delta V)$  vergrössern (Bild 2 b). Aus dem Gleichgewicht der Kräfte folgt sofort  $Z = \Delta V + \Delta q F_A$  oder  $\Delta V = Z - \Delta q F_A$ . Die zur Bestimmung von  $\Delta V$  noch fehlende Gleichung erhält man aus der Elastizitätsbedingung  $\Delta \delta_e = \Delta \delta_F$ , d. h. die Verformung der Armierung infolge  $\Delta V$  muss gleich sein der Felsverformung infolge  $\Delta q$ . Also

$$\frac{\Delta V L}{E_e F_e} = \frac{\Delta q a}{E_F} \quad \text{oder} \quad \Delta q = \Delta V \frac{1}{F_e} \frac{L E_F}{a E_e}$$

Dieser Ausdruck in die Gleichgewichtsbedingung eingesetzt gibt:

$$\Delta V = Z - \Delta V \frac{F_A}{F_e} \frac{L}{a} \frac{E_F}{E_e}$$

oder

$$\Delta V = Z k \quad k = \frac{1}{1 + \frac{F_A}{F_e} \frac{L}{a} \frac{E_F}{E_e}}$$

Bestimmt man den Faktor  $k$  für das oben angeführte Beispiel, unter Berücksichtigung verschiedener Felselastizität, so erhält man:

$$\begin{array}{llll} E_F & = 50\,000 & 100\,000 & 200\,000 & 400\,000 \text{ kg/cm}^2 \\ k & = 6,26 & 3,14 & 1,57 & 0,79 \times 1/1000 \end{array}$$

Diese Zahlen zeigen, dass  $\Delta V$  sehr klein ist, d. h. dass sich die durch Vorspannung in den Armierungen eingetragene Spannung  $\sigma_e$  bei Belastung der Auflagerkonstruktion praktisch nicht ändert. Die Aufnahme der Zugkraft  $Z$  erfolgt also ausschliesslich durch Abbau des Anpressdrückes  $q_0$ . Für  $Z = 250$  t wird z. B.  $\Delta V = 3,9$  t bei  $E_F = 200\,000 \text{ kg/cm}^2$ ,

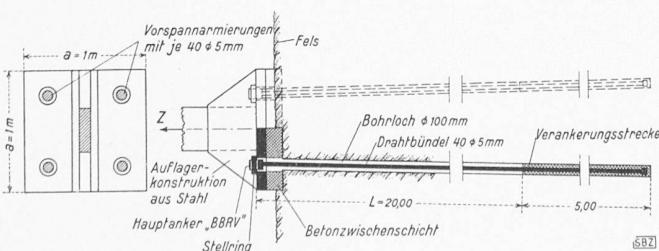


Bild 1. Auflagerkonstruktion mit vorgespanntem Felsanker, schematische Darstellung

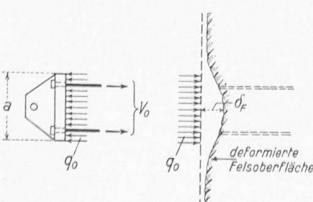


Bild 2a. Vorspannen

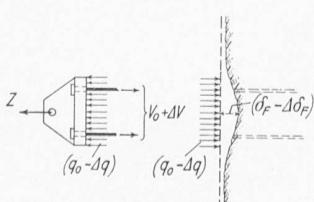


Bild 2b. Beladen mit  $Z$

was einer Vergrösserung der Drahtspannung von  $\sigma_e = 10\,800 \text{ kg/cm}^2$  um nur  $124 \text{ kg/cm}^2$  auf  $10\,924 \text{ kg/cm}^2$  entspricht. Diese geringen Schwankungen in der Drahtspannung schliessen auch einen Ermüdungsbruch bei wechselnder Zugkraft  $Z$  aus. Beachtenswert ist auch, dass sich die Auflagerkonstruktion bei Belastung mit  $Z = 250$  t nur um den sehr geringen Betrag von  $0,012 \text{ cm}$  ( $E_F = 200\,000 \text{ kg/cm}^2$ ) verformt. Wird nun die Zugkraft weiter gesteigert, so wird bei einer bestimmten Kraft  $Z = R$  der von der Vorspannung erzeugte Anpressdruck zu Null, und bei weiterer Steigerung der Zugkraft  $Z > R$  muss die ganze Kraft  $Z$  durch die Vorspannarmierungen aufgenommen werden. Die Drähte werden dadurch gedehnt, und es entsteht zwischen Auflagerkonstruktion und Felsoberfläche eine Fuge. Man kann die Zugkraft  $Z = R$  als Risslast bezeichnen und diese aus der Bedingung  $(q_0 - \Delta q) = 0$  berechnen. Man erhält:

$$R = \frac{V_0}{1 - k}$$

Für  $E_F = 200\,000 \text{ kg/cm}^2$  wird im durchgerechneten Beispiel  $R = 1,002 \cdot V_0$ , d. h. die Grösse der Risslast ist nur unbedeutend grösser als die Vorspannkraft.

Wird die Zugkraft noch weiter gesteigert ( $Z > R$ ), so tritt beim Erreichen der Zugfestigkeit der Drähte die Bruchlast  $Z = B$  ein. Sie beträgt im obigen Beispiel  $B = F_e \beta_z = 535$  t. Da die Drähte sich beim Anwachsen der Kraft von  $V_0$  bis  $B$  um rd. 3 bis 4 % dehnen, tritt in der Nähe des Bruches eine Klaffung zwischen Auflagerkonstruktion und Felsen von mehreren cm ein, d. h. der Bruch wird also durch grössere Verformungen angezeigt.

Auf Bild 3 sind die hier erläuterten statischen Zusammenhänge graphisch dargestellt.

Zu erwähnen ist noch, dass die anfänglich eingetragene Vorspannkraft  $V_0$  durch Kriechen der Drähte und plastische Verformung des Felsens mit der Zeit etwas kleiner wird. Messungen an ausgeführten Felsankern haben gezeigt, dass nach mehreren Monaten die Vorspannkraft nur um rd. 5 % zurückgegangen war.

3. Ein solcher Felsanker mit 85 t Vorspannkraft ist auf Bild 4 dargestellt. Er besteht aus einem Bündel von 40 hochwertigen Stahldrähten  $\varnothing 5 \text{ mm}$ , die in zwei konzentrischen Kreisen angeordnet sind. Es handelt sich um gezogene, patentierte Stahldrähte, welche zur Verbesserung der Haftung gekerbt sind. An beiden Enden sind die Stahldrähte nach dem Verfahren BBRV mittels angestauchten Köpfchen an Endankern aus Stahl befestigt. Im Bohrlochinnern hat dieser Endanker die Form eines Kegelstumpfes, um eine gute Verkeilung im Injektionsmörtel zu gewährleisten. Auf der Aussenseite besteht der Endanker aus einem verstellbaren Stahl-

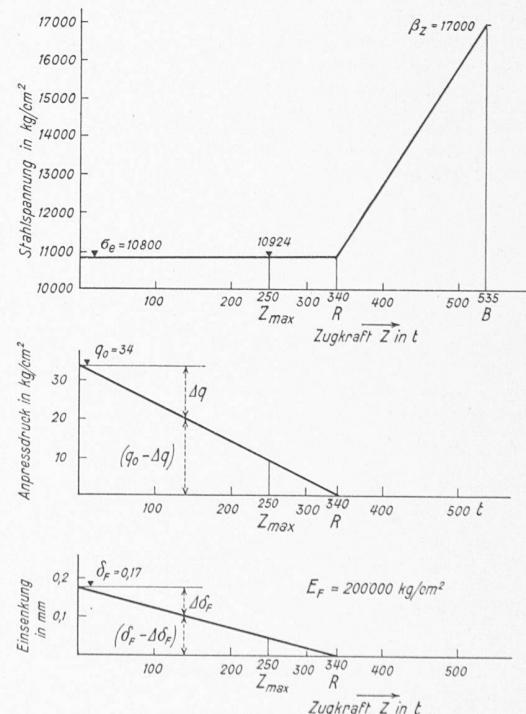
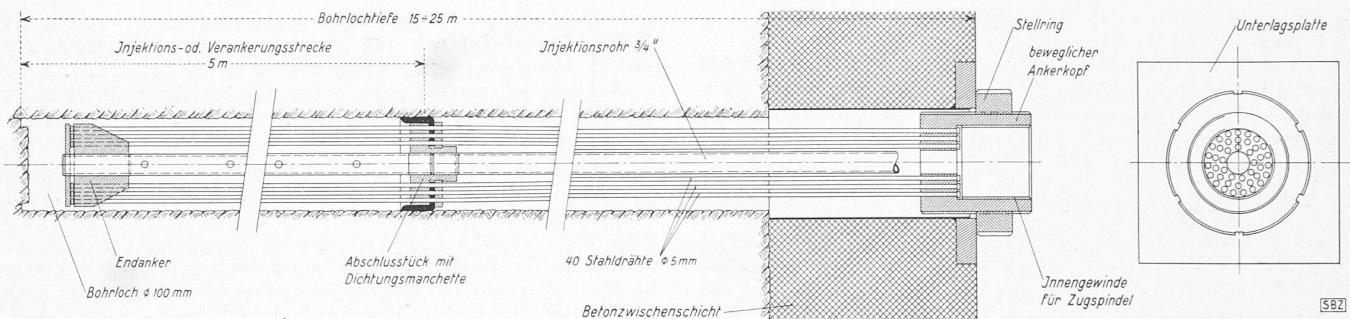


Bild 3. Ergebnisse des Berechnungsbeispiels



kopf mit Aussengewinde, Stellring und innerer Bodenplatte mit den 40 Bohrlöchern zum Durchziehen und Befestigen der Drähte. Das Innengewinde dient dem Ansetzen der Zugspindel und die grössere Bohrung in der Bodenplatte dem Durchführen des Injektionsrohres.

Mitten durch das Drahtbündel verläuft ein Injektionsrohr  $\varnothing \frac{3}{4}''$  bis zum Endanker. Das Rohr ist am Anfang der Verankerungs- oder Injektionsstrecke in einem Abschlusstück verschraubt, an welchem eine Dichtungsmanschette aus Leder befestigt ist. Diese Ledermanschette wird beim Einpressen des Injektionsmörtels gegen die Bohrlochwandung gedrückt, wodurch das Ausfliessen des Mörtels vermieden wird.

Die beschriebene Armierung wird als fertige Einheit (Bild 5) in das Bohrloch  $\varnothing 100$  mm geschoben. Dieses wird als Rotationskernbohrung mit Diamant- oder Hartmetallkrönchen hergestellt. Die Bohrung wird so tief vorgetrieben, bis Gewähr besteht, dass die Verankerungsstrecke in gesunden Fels zu liegen kommt. Durch Beobachtung der ausgebohrten Kerne, sowie durch Wasserabpressversuche erhält man Aufschluss über die Qualität des Felsens. Nach Einbau der Armierung erfolgt die Injektion durch Einpressen eines Mörtels mit Spezialgerät. Um jede Gewähr für eine einwandfreie Verankerung zu haben, wird hier ein sog. Prepkart-Mörtel verwendet. Dieser besteht aus Zement, Alfesil (aktive Flugasche), Feinsand und einem Injektionshilfsmittel, sowie rd. 40 bis 50 % Wasser. Das Ansteigen des Injektionsdruckes auf 10 bis 15 at, sowie die Kontrolle der eingepressten Mörtelmenge zeigen an, dass die Verankerungsstrecke satt ausgefüllt ist. Einige Stunden nach Beendigung der Injektion wird das äussere Injektionsrohr vom Abschlusstück ausgeschraubt und ausgebaut. Nach Erhärten des Injektionsmörtels erfolgt das Vorspannen durch Einbau einer Zugspindel im Hauptanker und Ansetzen einer Vorspannpresse. Die Vorspannung wird etappenweise vorgenommen, wobei Spannkraft und Drahtdehnung gemessen werden. Zur Prüfung der Zuverlässigkeit der Verankerung kann die Spannkraft vorübergehend um 10 % erhöht und später wieder auf die Sollkraft vermindert werden. Ebenso kann einige Zeit nach dem Vorspannen

Bild 4 (oben). Felsanker für 85 t Vorspannkraft, Maßstab 1:8.

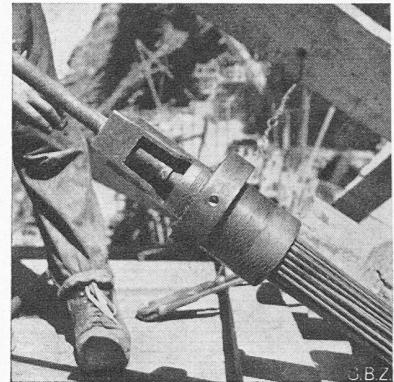


Bild 5 (rechts). Einbau des Felsankers: Ankerkopf m. Stellring, rechts Drahtbündel 40 Ø 5 mm, links Injektionsrohr.

durch erneutes Ansetzen der Spannpresse die vorhandene Spannkraft nachkontrolliert werden. Nach Beendigung dieser Vorspannarbeiten wird auch noch der vordere Teil des Bohrloches mit Mörtel ausgefüllt, um die Drähte vor Rost zu schützen.

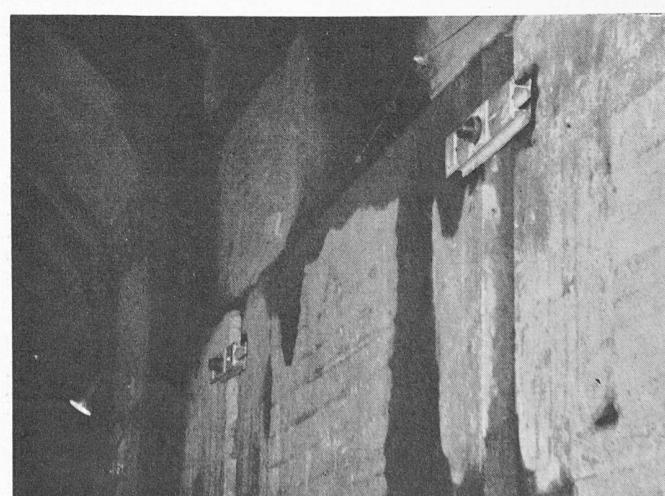
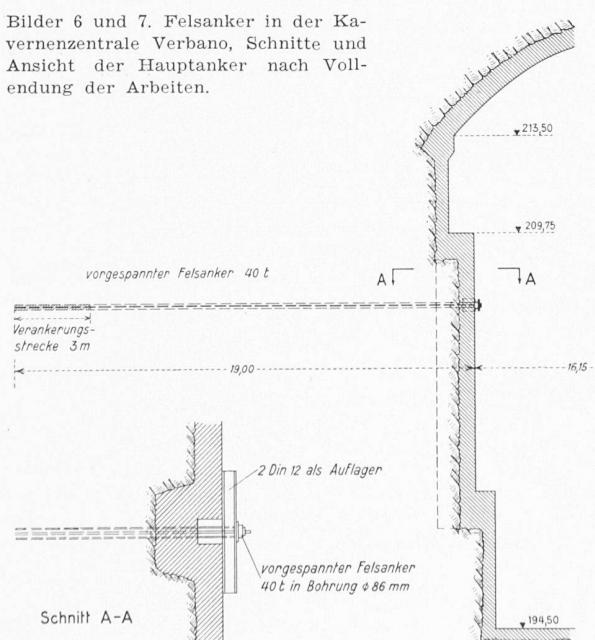
Neben der hier beschriebenen Vorspannarmierung mit 85 t anfänglicher Spannkraft können auch kleinere Einheiten mit 26, 40 und 66 t bei Bohrlochdurchmessern 66, 76, 86 mm gebaut werden.

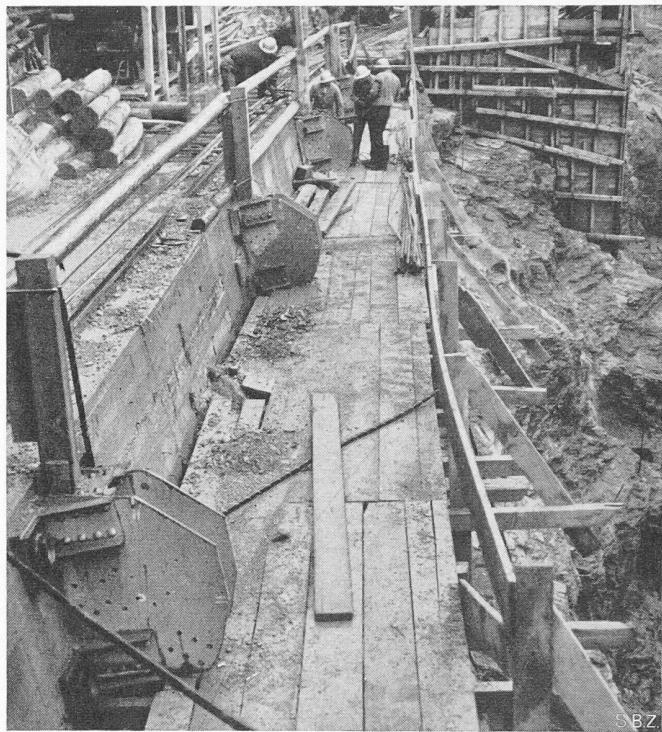
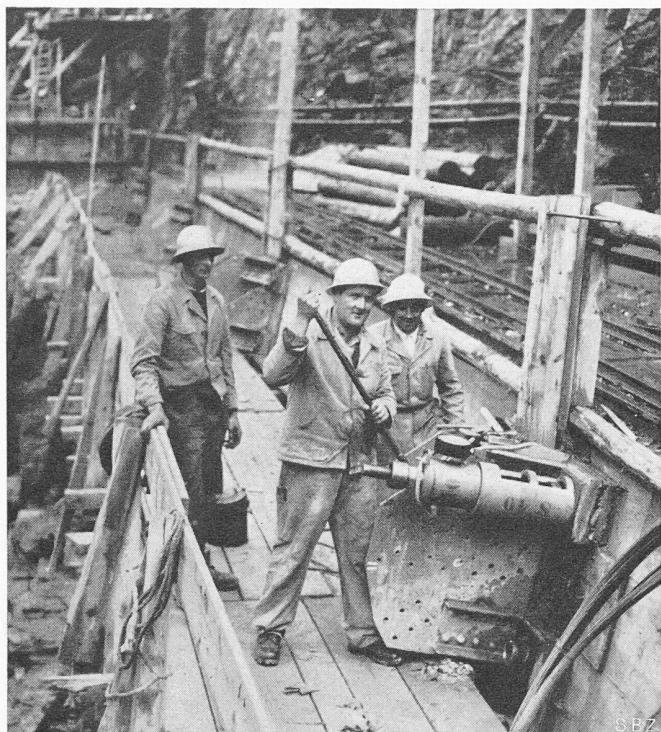
**4.** Die Vorteile der besprochenen Verankerungsart können wie folgt zusammengefasst werden: Die Zuverlässigkeit der Verankerung wird beim Vorspannen erprobt; die Verankerungsstrecke kann in beliebige Felstiefen getrieben werden; die Spannkraft ist von Anfang an vorhanden; beim Auftreten von äussern Kräften werden diese ohne nennenswerte Verformungen aufgenommen; die Spannungen in den Stahldrähten bleiben auch bei Auftreten von äussern Kräften ( $Z < R$ ) praktisch unverändert, daher keine Ermüdungsgefahr.

**5.** Die vielseitigen Anwendungen solcher Verankerungen sollen noch an einigen Ausführungsbeispielen erläutert werden. Die beschriebenen Arbeiten wurden durch die Firmen *Stahlton AG.* und *Swissboring S. A.*, Zürich, in Arbeitsgemeinschaft ausgeführt.

a) **Zentrale Verbano, Maggia-Kraftwerke AG.** Die unterirdische Zentrale Verbano liegt teilweise in Felsen schlechter Qualität mit fast vertikaler Schichtung. Die Bau-

Bilder 6 und 7. Felsanker in der Kavernenzentrale Verbano, Schnitte und Ansicht der Hauptanker nach Vollendung der Arbeiten.

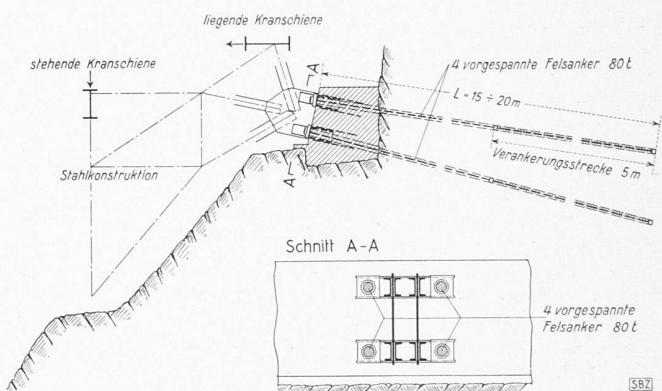
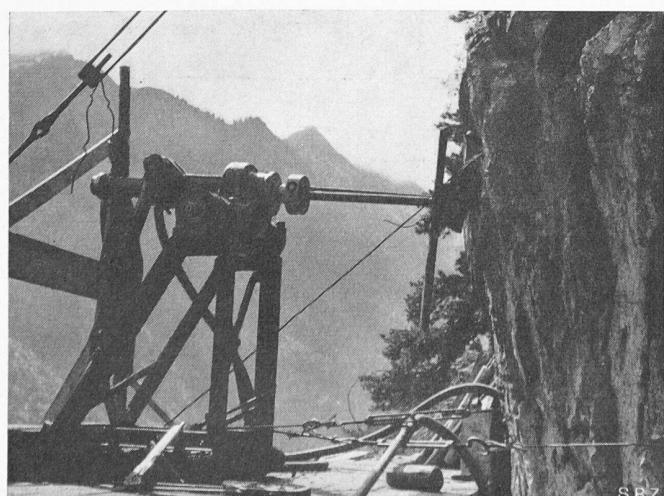




leitung<sup>1)</sup> hat sich daher entschlossen, die in der Wand eingelassenen Betonpfeiler, welche zur Unterfangung des Gewölbes angeordnet sind, durch vorgespannte Felsanker zu sichern, um Bewegungen in der Nähe des Gewölbekämpfers mit Sicherheit auszuschalten. Es wurden daher im oberen Teil dieser Pfeiler horizontale Felsanker gemäss Bild 6 angeordnet. An der bergseitig gelegenen Wand der Zentrale wurden insgesamt neun Felsanker mit 40 t Vorspannkraft (Bohrloch 86 mm) in Felsstufen bis 19 m ausgeführt. An der talseitig gelegenen Wand kamen sieben Felsanker mit 20 t Vorspannkraft (Bohrloch 56 mm) und Bohrtiefen bis 12 m zur Ausführung. Die Bohrtiefen der einzelnen Anker wurden auf Grund der Bohraufschlüsse und Wasserabpressversuche festgelegt. Bei zwei Felsankern wurde sechs Monate nach dem ersten Vorspannen die vorhandene Spannkraft nachkontrolliert, wobei eine nur um 2 bis 3 % geringere Kraft als anfänglich eingetragen, gemessen wurde. Bild 7 zeigt die fertigen Felsanker.

b) Barrage du Mauvoisin, Kabelfrane. Für das Betonieren der neuen Staumauer Mauvoisin sind drei Kabelfrane vorgesehen, die mit einer Spannweite von rd. 520 m das Tal überqueren. Auf der einen Talflanke sind diese Kabelfrane fest verankert, auf der andern Seite laufen sie an einer liegenden Kranschiene. Zur Verankerung der grossen Horizontalzugkräfte dieser Kabelfrane im Felsen wurden durchwegs vorgespannte Felsanker verwendet. Bild 10 zeigt

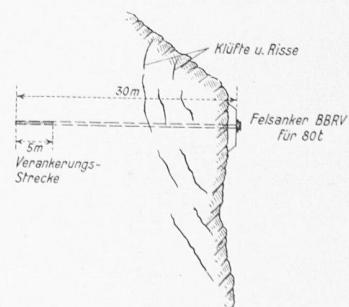
<sup>1)</sup> Der Verfasser verdankt Obering. H. Lüthy von der Maggia S. A. wertvolle Ratschläge für die konstruktive Durchbildung der beschriebenen Felsanker.



Bilder 8 bis 10. Vorgespannter Felsanker für den Unterbau der Kabelfahrbahnen der Baustelle Staumauer Mauvoisin.

ein Auflager der Kranschiene, das mit 4 Felsankern befestigt ist. Die Vorspannkraft beträgt für ein solches Auflager 320 t, die grösste auftretende Zugkraft einschl. dynamischer Wirkung 280 t. Bild 8 zeigt das Vorspannen der Felsanker, Bild 9 die fertigen Auflager vor der Montage der Stahlkonstruktion. Insgesamt wurden für diese Kabelfrane 65 vorgespannte Felsanker eingebaut.

c) Felsicherung an der Arlbergbahn (Oesterreich). Die oberhalb der Station Hintergasse an der Arlberglinie der OeBB anstehende Felswand ist von starken Rissen und Klüften durchsetzt, die sich im Laufe der Zeit ständig vergrössern. Zur Sicherung dieser gefährdeten Felspartien sind vorgespannte Stahlkabel vorgesehen, die in gesunden Fels verankert sind (Bild 12). Da diese Felsanker infolge Vorspannung gleich von Anfang mit voller Kraft arbeiten, wird einer



Bilder 11 und 12. Verankerung brüchiger Felspartien an der Arlbergbahn; links die Bohrinstallation.

weiteren Bewegung der Felspartien Einhalt geboten. Vorerst wurde ein solcher Felsanker mit 80 t Vorspannkraft in einem 30 m tiefen horizontalen Bohrloch  $\varnothing$  100 mm eingebaut und während längerer Zeit beobachtet. Die Vorspannung dieses Felsankers wurde am 7. 10. 1952 ausgeführt. Der freie Bohrlochteil ausserhalb der Verankerungsstrecke wurde nicht mit Mörtel gefüllt, um zu einem späteren Zeitpunkt die Spannkraft im Kabel nachkontrollieren zu können. Am 23. 6. 53 wurde

diese Kontrolle durch erneutes Ansetzen der Spannpresse ausgeführt und festgestellt, dass die anfängliche Spannkraft von 80 t auf 76 t, d. h. um nur 5 % zurückgegangen war. Damit war die Zuverlässigkeit dieser Felsverankerung eindrücklich bewiesen. Es ist nun vorgesehen, die ganze Felspartie durch ein Netz von 50 bis 60 solcher Felsanker zu sichern. Bild 11 zeigt die Rotationsbohrmaschine beim Ausführen der Horizontalbohrung  $\varnothing$  100 mm.

## Die Kühlung der Zuschlagstoffe beim Bau der Vaitarna-Staumauer in Indien

Von Ing. E. A. BERTSCH, Gebrüder Volkart, Bombay

DK 627.824.002.5 (54)

Die Gemeindebehörden von Bombay haben den grosszügigen Ausbau der Wasserversorgung ihrer Stadt in Angriff genommen, um den ständigen grossen Wassermangel endgültig zu beheben. Die tägliche Liefermenge, die bisher 0,450 Mio m<sup>3</sup> betrug, soll auf 1 Mio m<sup>3</sup> erhöht werden. Zu diesem Ausbau gehört die Errichtung einer Schweregewichtsmauer quer durch

das Vaitarna-Tal, die bei 550 m Kronenlänge und 81 m grösster Höhe eine Betonkubatur von 563 000 m<sup>3</sup> aufweisen und rd. 65 Mio sFr. kosten wird. Das hierdurch gebildete Becken fasst 207 Mio m<sup>3</sup> Nutzvolumen und sammelt das Wasser aus einem Einzugsgebiet von 440 km<sup>2</sup>, das hauptsächlich während der Monsunzeit anfällt. Die Zuschlagstoffe werden aus einem rd.

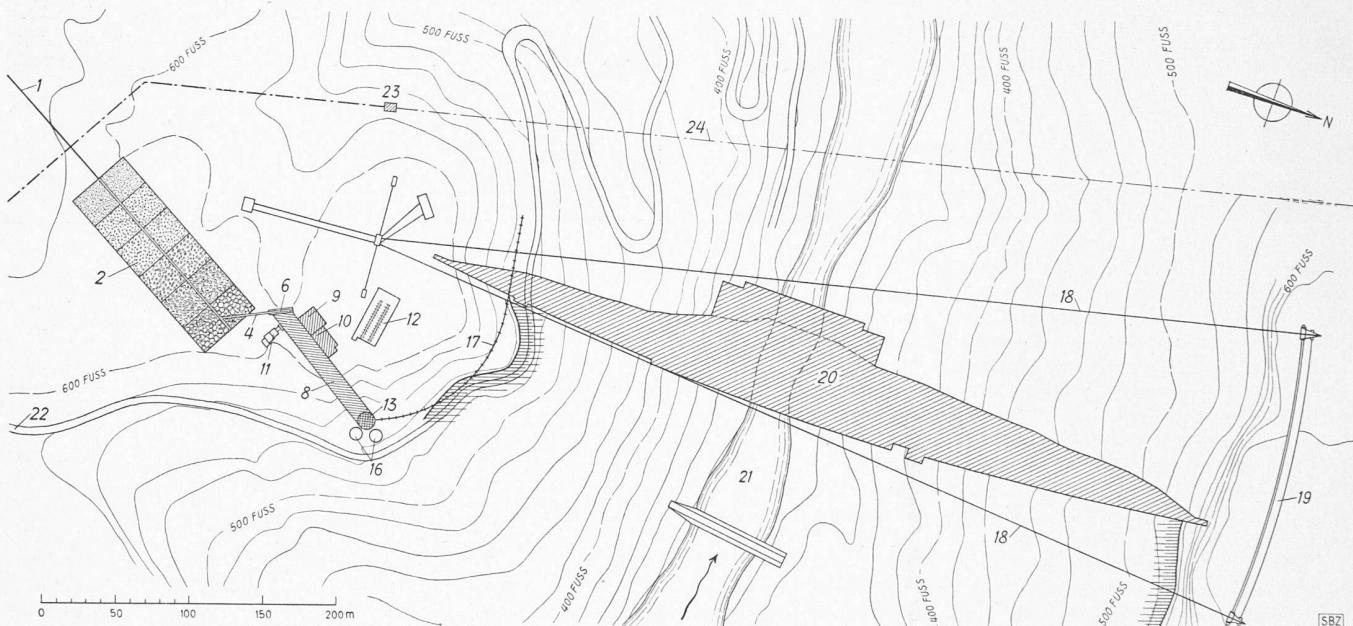


Bild 1. Lageplan der Vaitarna-Staumauer mit Bauplatz-Organisation, Massstab 1:5000

Legende zu den Bildern 1 und 2: 1 Doppelseil-Schwebebahn für den Antransport der Zuschlagstoffe vom Steinbruch, 2 Lagerplatz für die sechs Komponenten der Zuschlagstoffe, 3 Transportband unter 2, 4 Transportband zu 6, 5 Schüttelverteiler, 6 Empfangsbunker, 7 ferngesteuerte Entleerungsschieber, 8 Kühltunnel mit sechs Förderbändern, 9 Kühlanlage für Eiswasserkühlung, 10 Luftwascher, 11 Klärrinnen und Pumpenhaus, 12 Rückkühlwerk, 13 mit Kork isolierter Silo für die gekühlten Zuschlagstoffe, 14 Betonmischer, 15 Behälterwagen zum Betontransport nach der Staumauer, 16 Zementsilo, 17 Gleis für Zementtransport, 18 Kabelkran, 19 bewegliche Kabelaufhängung zu 18, 20 Staumauer, 21 Vaitarna-Fluss, 22 Strasse nach der Bahnhofstation Khardi, 23 Transformerstation, 24 Niederspannungsleitung.

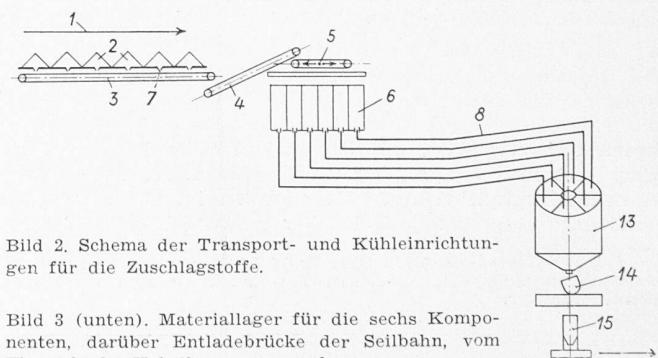


Bild 2. Schema der Transport- und Kühleinrichtungen für die Zuschlagstoffe.

Bild 3 (unten). Materiallager für die sechs Komponenten, darüber Entladestelle der Seilbahn, vom Fixpunkt des Kabelkrans aus gesehen.

